

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-5810

(P2002-5810A)

(43)公開日 平成14年1月9日(2002.1.9)

(51) Int.Cl.⁷
 G 0 1 N 13/14
 G 0 1 B 11/30
 G 0 1 N 13/10
 G 1 1 B 7/135
 7/22

識別記号

F I
 G 0 1 N 13/14
 G 0 1 B 11/30
 G 0 1 N 13/10
 G 1 1 B 7/135
 7/22

マーク(参考)
 B 2 F 0 6 5
 Z 5 D 1 1 9
 G
 A

審査請求 未請求 請求項の数19 OL (全12頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2000-180894(P2000-180894)
 (22)出願日 平成12年6月16日(2000.6.16)

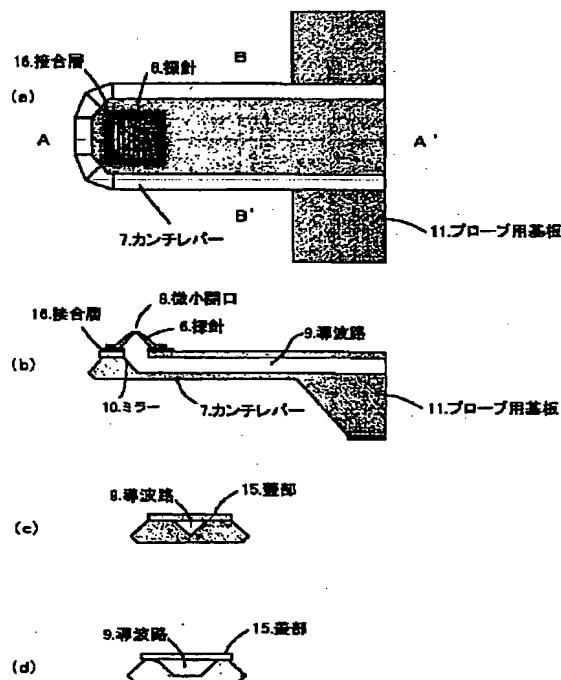
(71)出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (72)発明者 島田 康弘
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内
 (72)発明者 黒田 亮
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内
 (74)代理人 100105289
 弁理士 長尾 達也
 Fターム(参考) 2P065 AA49 FF41 LL02 PP24
 SD119 AA01 AA38 JA34 NA05

(54)【発明の名称】 プローブ及びその製造方法、表面観察装置、露光装置、情報処理装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】集積化・小型化が容易で複数のプローブを容易に作製できるという特長を保持しつつ、導波路と微小開口との間の光の伝達損失、および導波路における短波長での伝達損失を小さくすることができ、さらにバッチプロセスで形成できて生産性が高く、光学的微小開口のプロセス再現性の良い、光検出または照射用のプローブ及びその製造方法、表面観察装置、露光装置、情報処理装置を提供する。

【解決手段】光検出または照射用のプローブであって、固定端部を支持体に支持された片持ち梁と、該片持ち梁の自由端部に形成された中空の探針と、該探針の先端に形成された微小開口と、該片持ち梁の内部に形成された中空の導波路と、を少なくとも有する。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】光検出または照射用のプローブであって、固定端部を支持体に支持された片持ち梁と、該片持ち梁の自由端部に形成された中空の探針と、該探針の先端に形成された微小開口と、該片持ち梁の内部に形成された中空の導波路と、を少なくとも有することを特徴とするプローブ。

【請求項2】前記導波路の横断面が、三角形であることを特徴とする請求項1に記載のプローブ。

【請求項3】前記導波路の横断面が、台形であることを特徴とする請求項1に記載のプローブ。

【請求項4】前記導波路の横断面が、U字形であることを特徴とする請求項1に記載のプローブ。

【請求項5】前記探針が、角錐型をしていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のプローブ。

【請求項6】前記探針の先端方向が、前記片持ち梁の長さ方向に対して、ほぼ直交していることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のプローブ。

【請求項7】前記片持ち梁は、その主材料がシリコンであることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載のプローブ。

【請求項8】前記導波路は、該導波路の中空の内部に該導波路の光を前記探針に接続するミラーを有することを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載のプローブ。

【請求項9】前記ミラーが、凹面鏡であることを特徴とする請求項8に記載のプローブ。

【請求項10】光検出または照射用のプローブの製造方法であって、

基板を加工して溝部を形成する工程と、前記溝部上に、開口を有する平板状の蓋部を設けて中空の導波路を形成する工程と、

前記蓋部の開口上に、微小開口を有する中空の探針を作製する工程と、

前記基板の一部をエッチング除去し、カンチレバーを形成する工程と、

を少なくとも有することを特徴とするプローブの製造方法。

【請求項11】前記溝部が、基板をエッチングすることにより形成されることを特徴とする請求項10に記載のプローブの製造方法。

【請求項12】前記溝部が、基板の結晶異方性エッチングにより形成されることを特徴とする請求項11に記載のプローブの製造方法。

【請求項13】前記溝部または蓋部を鏡面化する表面処理工程を有することを特徴とする請求項10に記載のプローブの製造方法。

【請求項14】前記蓋部が、SOI(Silicon on Insulator)基板のSOI層より形成されることを特徴とする請求項10に記載のプローブの製

10

20

30

40

50

造方法。

【請求項15】前記蓋部が、前記溝部に樹脂層を充填し、該樹脂層上に金属膜を成膜することにより形成されることを特徴とする請求項10に記載のプローブの製造方法。

【請求項16】前記蓋部の開口上に微小開口を有する中空の探針を作製する工程が、基板上に形成された凹部に探針材料を成膜し、該探針材料を蓋部に作製した開口上に転写し、該探針先端に微小開口を形成する工程であることを特徴とする請求項10に記載のプローブの製造方法。

【請求項17】請求項1～9のいずれか1項に記載のプローブ、または請求項10～16のいずれか1項に記載のプローブの製造方法によって製造されたプローブを少なくとも一つ以上備えた表面観察装置。

【請求項18】請求項1～9のいずれか1項に記載のプローブ、または請求項10～16のいずれか1項に記載のプローブの製造方法によって製造されたプローブを少なくとも一つ以上備えた露光装置。

【請求項19】請求項1～9のいずれか1項に記載のプローブ、または請求項10～16のいずれか1項に記載のプローブの製造方法によって製造されたプローブを少なくとも一つ以上備えた情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プローブ及びその製造方法、表面観察装置、露光装置、情報処理装置に関し、特に近視野光学顕微鏡等に用いられるエバネッセント光検出または照射用のプローブ及びこれらの製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】最近、導体の表面原子の電子構造を直接観察できる走査型トンネル顕微鏡（以下、「STM」という）が開発されて（G. Binnig et al., Phys. Rev. Lett., 49, 57 (1982)）、単結晶、非晶質を問わず実空間像を高い分解能で測定ができるようになって以来、走査型プローブ顕微鏡（以下、「SPM」という）が材料の微細構造評価の分野でさかんに研究されるようになってきた。SPMとしては、微小探針を有するプローブを評価する試料に近接させることにより得られるトンネル電流、原子間力、磁気力、光等を用いて表面の構造を検出する走査型トンネル顕微鏡（STM）、原子間力顕微鏡（AFM）、磁気力顕微鏡（MFM）等がある。

【0003】また、STMを発展させたものとして、尖鋭なプローブ先端の光学的微小開口からしみ出すエバネッセント光を試料表面から光プローブで検出して試料表面を調べる走査型近接場光顕微鏡（以下SNOMと略す）[During他, J. Appl. Phys. 59, 3318 (1986)]が開発された。さらに、試料裏

面からプリズムを介して全反射の条件で光を入射させ、試料表面へしみ出すエバネッセント光を試料表面から光プローブで検出して試料表面を調べるSNOMの一種であるフォトンSTM [Reddick他, Phys. Rev. B 39, 767 (1989)]も開発された。

【0004】上記のような近接場光顕微鏡に用いる光プローブには、光ファイバーの先端を先鋭化させてこれに光学的微小開口を設けたものや、カンチレバーの自由端部に光照射または光検出用の探針を設けてAFMとしての機能を付与したものなどがある。このうち、カンチレバータイプのプローブとしては、光ファイバーの先端を加工して突起の先端に光学的微小開口を形成し、さらに光ファイバーを曲げてカンチレバーとしての機能を持たせる方法が開示されている(米国特許第5,677,978号明細書)。

【0005】しかし、上記の光ファイバーを用いる方法はプローブを1本ずつ加工するため生産性が低く、また、形状を揃えることが困難である。そのため、第1基板に形成した光透過性の突起を、第2基板に形成した導波路上に転写し、突起表面に探針層を形成し、探針層の先端に光学的微小開口形成するプローブの作製方法が開示されている(特開平10-293134号公報)。この方法はバッチプロセスで形成できるため生産性が高く、光学的微小開口のプロセス再現性が良い。また、集積化・小型化が容易で複数のプローブを容易に作製できる。さらに、化合物半導体基板に突起を転写することにより、半導体レーザーとの結合も容易であるといった利点も有している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平10-293134号公報によるプローブは、導波路材料として酸化シリコン等を主成分とするセラミック材料や有機導波路材料を用いており、導波路において紫外領域のような短波長の光の吸収が大きく、伝達効率が低下するという点にさらに改善すべき余地を有する。また、光学的微小開口を有する突起と導波路層とを別々に作製し、後工程で光学的に接続するため、導波路層と光学的微小開口との間の光の接続部分の形成プロセスが複雑であり、また、この部分の光の伝達効率が低下するという点にもさらに改善すべき余地を有している。

【0007】そこで、本発明は、上記した特開平10-293134号公報の集積化・小型化が容易で複数のプローブを容易に作製できるという特長を保持しつつ、導波路と微小開口との間の光の伝達損失、および導波路における短波長での伝達損失を小さくすることができ、さらにバッチプロセスで形成できて生産性が高く、光学的微小開口のプロセス再現性の良い、光検出または照射用のプローブ及びその製造方法、表面観察装置、露光装置、情報処理装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するため、つきの(1)~(19)のように構成した光検出または照射用のプローブ及びその製造方法、表面観察装置、露光装置、情報処理装置を提供するものである。

(1) 光検出または照射用のプローブであって、固定端部を支持体に支持された片持ち梁と、該片持ち梁の自由端部に形成された中空の探針と、該探針の先端に形成された微小開口と、該片持ち梁の内部に形成された中空の導波路と、を少なくとも有することを特徴とするプローブ。

(2) 前記導波路の横断面が、三角形であることを特徴とする上記(1)に記載のプローブ。

(3) 前記導波路の横断面が、台形であることを特徴とする上記(1)に記載のプローブ。

(4) 前記導波路の横断面が、U字形であることを特徴とする上記(1)に記載のプローブ。

(5) 前記探針が、角錐型をしていることを特徴とする上記(1)~(4)のいずれかに記載のプローブ。

(6) 前記探針の先端方向が、前記片持ち梁の長さ方向に対して、ほぼ直交していることを特徴とする上記(1)~(4)のいずれかに記載のプローブ。

(7) 前記片持ち梁は、その主材料がシリコンであることを特徴とする上記(1)~(6)のいずれかに記載のプローブ。

(8) 前記導波路は、該導波路の中空の内部に該導波路の光を前記探針に接続するミラーを有することを特徴とする上記(1)~(7)のいずれかに記載のプローブ。

(9) 前記ミラーが、凹面鏡であることを特徴とする上記(8)に記載のプローブ。

(10) 光検出または照射用のプローブの製造方法であって、基板を加工して溝部を形成する工程と、前記溝部上に、開口を有する平板状の蓋部を設けて中空の導波路を形成する工程と、前記蓋部の開口上に、微小開口を有する中空の探針を作製する工程と、前記基板の一部をエッチング除去し、カンチレバーを形成する工程と、を少なくとも有することを特徴とするプローブの製造方法。

(11) 前記溝部が、基板をエッチングすることにより形成されることを特徴とする上記(10)に記載のプローブの製造方法。

(12) 前記溝部が、基板の結晶異方性エッチングにより形成されることを特徴とする上記(11)に記載のプローブの製造方法。

(13) 前記溝部または蓋部を鏡面化する表面処理工程を有することを特徴とする上記(10)に記載のプローブの製造方法。

(14) 前記蓋部が、SOI(Silicon on Insulator)基板のSOI層より形成されることを特徴とする上記(10)に記載のプローブの製造方

法。

(15) 前記蓋部が、前記溝部に樹脂層を充填し、該樹脂層上に金属膜を成膜することにより形成されることを特徴とする上記(10)に記載のプローブの製造方法。

(16) 前記蓋部の開口上に微小開口を有する中空の探針を作製する工程が、基板上に形成された凹部に探針材料を成膜し、該探針材料を蓋部に作製した開口上に転写し、該探針先端に微小開口を形成する工程であることを特徴とする上記(10)に記載のプローブの製造方法。

(17) 上記(1)～(9)のいずれかに記載のプローブ、または上記(10)～(16)のいずれかに記載のプローブの製造方法によって製造されたプローブを少なくとも一つ以上備えた表面観察装置。

(18) 上記(1)～(9)のいずれかに記載のプローブ、または上記(10)～(16)のいずれかに記載のプローブの製造方法によって製造されたプローブを少なくとも一つ以上備えた露光装置。

(19) 上記(1)～(9)のいずれかに記載のプローブ、または上記(10)～(16)のいずれかに記載のプローブの製造方法によって製造されたプローブを少なくとも一つ以上備えた情報処理装置。

【0009】

【発明の実施の形態】以下に、図1を用いて本発明の実施形態の一例として、近接場光を用いた発光または受光用のプローブについて説明する。図1(a)はその上面図、図1(b)は図1(a)のA-A'断面図、図1(c)は図1(a)のB-B'断面図である。同図において、本実施例によるプローブは、プローブ用基板11に支持されたカンチレバー7(片持ち梁)の自由端部に、微小開口を有する中空の探針6を具備している。カンチレバー7の内部には、探針6と連続した空間を有する中空の導波路9、導波路9の光を探針6に接続するミラー10を有している。

【0010】本実施形態のプローブを発光用として用いる場合は、光ファイバーのプローブと反対側に発光素子を接続する。発光素子で生じた光が光ファイバーを伝播して、プローブの導波路に進入し、ミラーで反射されて、探針の微小開口へ到達する。これにより微小開口近傍に近接場光が局在し、外部(試料)との相互作用を導引する。また、光ファイバーの代わりに直接発光素子を接続しても良い。また、本実施の形態のプローブを受光用として用いる場合は、光ファイバーのプローブと反対側に受光素子を接続する。外部との相互作用により微小開口から入った伝播光が、ミラーで反射されて、プローブの導波路に進入し、光ファイバーへ伝播して受光素子に到達する。また、光ファイバーの代わりに直接受光素子を接続しても良い。

【0011】本実施の形態による光プローブは、導波路の光をミラーで反射して微小開口へ導くため、導波路と微小開口との光の接続が容易で伝達損失が小さいといいう

10

20

30

40

50

特長を有する。また、本実施の形態の光プローブは、導波路を中空に形成されているため、導波路材料による光の吸収が無く光の伝達損失が小さいという特長を有する。また、光ファイバー等では吸収され易い近紫外光も効率よく伝播するために、波長依存性の小さい光プローブであるという特長を有する。また、本実施の形態の光プローブは、探針の先端方向がカンチレバーの長さ方向に対してほぼ直交して構成されているため、カンチレバーの撓みを検知することにより原子間力顕微鏡(AFM)のプローブとして使用することができる。この撓み検知方法としては、カンチレバーの面にレーザー光を照射し、その反射光の方向をセンシングする方法が一般的である。また、本実施の形態の光プローブは、そのプローブ自身にカンチレバーの撓み検知手段を備えていても良い。例えば、カンチレバー中にピエゾ抵抗体上を形成することによりカンチレバー撓みを検知することが可能となる。

【0012】つぎに、本発明の実施形態の一例として、カンチレバー型プローブの製造方法について説明する。まず、基板を加工して溝部を形成し、溝部上に蓋部を形成することにより中空の導波路を作製する。溝部の形成方法としては、マスクパターンを形成して基板をエッチングする方法、陽極酸化や電解エッチングを用いる方法、ダイシングにより溝を形成する方法、レーザー加工により溝を形成する方法等が挙げられる。エッチング法としては、シリコン基板の異方性エッチングを用いる方法が形状制御性の点で優れているが、通常の等方性エッチングを用いることも可能である。また、基板としてはシリコン以外にも、各種の金属基板やゼラミックス基板を用いることが可能である。

【0013】また、溝を形成した後に加工面を鏡面化するための表面処理を行なっても良い。表面処理の方法としては、機械的あるいは化学的に研磨する方法や、表面を酸化した後にこれをエッチングする方法等が挙げられる。また、表面にアルミニウムや白金、銀等の金属を真空蒸着法やスパッタリング法等を用いて成膜し、鏡面化しても良い。さらに、溝部の探針側においては、光を探針方向に反射させるためのミラー構造を有することが望ましい。例えば面方位(100)のシリコン基板を用いて異方性エッチングにより溝部を形成することにより、その探針側端部にミラーとなる斜面を容易に形成することが可能である。また、溝部を作製した後に、ミラーを形成しても良い。ミラーはまた、光を探針先端の微小開口に集光させるような凹面鏡であっても良い。

【0014】次に、カンチレバー蓋部を溝部上に形成する。蓋部はカンチレバー形状に加工され、また、探針を接合する部分に開口が形成される。カンチレバー蓋部を溝部上に形成する方法としては、溝部上に基板を接合し、これを薄膜化する方法が考えられる。例えばSOI基板のSOI層を接合し、研磨やエッチングによりハン

ドルウェハーと酸化膜を除去する方法や、イオン注入層やp-n接合を有する基板を接合し、エッティングストップを用いて薄膜化する方法等がある。この場合、あらかじめ蓋部構造をバーニングしてから接合することも可能である。この他にも、シート状の構造体を接合し、これをバーニングする方法や、溝部に樹脂等を充填し、この上に蓋部を成膜する方法等が考えられる。基板の接合方法としては、接着剤を用いる方法、化学的に表面を腐食することにより接合する方法、熱拡散により接合する方法、表面を活性化させて接合する方法、圧着により接合する方法等を用いることが可能である。

【0015】次に、微小開口を有する探針を作製する。その製法としては、基板上に形成された凹部に探針材料を成膜し、これを蓋部に作製した開口上に転写する方法を用いることができる。例えば、探針層を基板上の凹部に成膜する際にあらかじめ突起先端部となる部分の膜厚が薄くなる、または先端部にのみ成膜されないように形成する方法を用いることができる（特開平11-066650号公報）。また、プローブ構造体を第2基板に転写した後に、突起先端部の探針層を選択的に除去しても良い。例えば、探針層の表面に突起先端部が特に薄くなるような膜厚調整層を形成した後、膜厚調整層と探針層を続けてエッティングすることにより光学的微小開口を形成する（特開平11-064350号公報）。また、上記2つの方法を組み合わせて使用することにより、さらに容易に形状再現性の良い光学的微小開口を形成することができる。

【0016】最後に、上記のプロセスを経た基板の一部を除去することにより自由端部に突起を有するカンチレバー型プローブを形成する。具体的には、第2基板として面方位(100)の単結晶シリコン基板を用い、そのエッティングには結晶異方性エッティングを用いるのが望ましい。また、高密度プラズマを用いたドライエッティングも有効である。尚、中空の導波路の支持基板側端部は、受発光素子や光ファイバーと光学的に接続しやすいように加工される。最も単純にはイオンビーム、レーザー、またはダイシングソー等を用いて基板を加工し、導波路の端部を露出させる。この端部に対して、直接光ファイバーや受発光素子を接続しても良いし、レンズ等を介して光学的に接続しても良い。また、導波路層を覆う構造体の一部をエッティング等により除去し開口を形成しても良い。これは、導波路層の基板と反対側に形成しても良いし、基板側に形成しても良い。基板側に形成する際は基板に光を導入するための貫通穴を形成する。開口へ光を導入する際はプリズムやミラー等の光結合器を形成し、光を導波路に導入し易くしても良い。

【0017】本実施の形態による光プローブの作製方法は、バッチプロセスで形成できるため生産性が高く、光学的微小開口のプロセス再現性が良いという特長を有する。また、集積化・小型化が容易で複数のプローブを容

易に作製でき、生産性を向上させることが可能である。また、複数のプローブを有するマルチプローブチップを形成することも可能である。

【0018】本発明には上記プローブを少なくとも一つ以上用いた表面観察装置、露光装置、情報処理装置も含む。本発明の構成を適用したプローブを試料に接近させて、x-yアクチュエータにより試料面内方向に2次元の相対走査を行い、試料表面からしみだすエバネッセント光を検知することにより試料の表面状態を観察することが可能である。また、本発明の構成を適用したプローブを用いてレジストに露光することにより光の波長よりも微細なバターンを形成できる露光装置を作製することが可能である。また、このプローブを用いて記録媒体の微小領域における表面状態を変化させ、また、これを観察することにより記録再生装置とすることが可能である。この際、試料または記録媒体との間隔制御・接触力制御はSNOM信号自体を使うことが可能である。また、STMの手法やシェアフォースによる手法も用いることができ、これらの手段は本発明を限定するものではない。

【0019】また、本発明の構成を適用したマルチプローブを用いて情報を並列処理することにより転送レートの大きい表面観察装置または露光装置または記録再生装置を提供することが可能である。この場合の記録媒体としては、電圧印加により光学特性が変化する記録媒体の例として、特開平4-90152号公報に記載されているような電圧印加により、局所的に流れる電流によるジュール熱によりシアセチレン誘導体重合体に構造変化が起こり、光の吸収帯のピーク波長がシフトするような10, 12-ベンタコサジン酸が挙げられる。また、光照射下の電圧印加により光学特性が変化する記録媒体の例として、特開平2-98849号公報に記載されているような光を照射した場合のみシス型 ⇌ ランス型の光異性反応を起こしてレドックス・ペアを形成し、電界印加によりこのレドックス・ペア間でプロトン移動を起こすようなキノン基およびヒドロキノン基を有するアゾ化合物が挙げられる。

【0020】
【実施例】以下に、本発明の実施例について説明する。
【実施例1】図1に本発明の実施例1におけるプローブの構成を示す。図1(a)はその上面図、図1(b)は図1(a)のA-A'断面図、図1(c)は図1(a)のB-B'断面図である。同図において、本実施例によるプローブは、プローブ用基板11に支持されたカンチレバー7の自由端部に、微小開口8を有する中空の探針6を具備している。カンチレバー7の内部には、探針6と連続した空間を有する中空の導波路9、導波路9の光を探針6に接続するミラー10を有している。
【0021】つぎに、本実施例によるプローブの製造方法を図2～図5を用いて説明する。まず、探針用基板1として面方位(100)の単結晶シリコンウェハを用意

し、マスク層2としてシリコン熱酸化膜を200nm形成した。次に、表面のマスク層2の所望の箇所を、フォトリソグラフィとフッ化水素とフッ化アンモニウムの水溶液によるエッチングによりバターニングし、一部のシリコンを露出させた(図2(a)参照)。次に、水酸化カリウム水溶液を用いた結晶軸異方性エッチングによりバターニング部のシリコンを濃度30%、液温90°Cの水酸化カリウム水溶液を用いてエッチングした。この工程により(111)面と等価な4つの面で囲まれた深さ約7μmの逆ピラミッド状の凹部3が形成された(図2(b)参照)。

【0022】次に、マスク層2をフッ化水素とフッ化アンモニウムの水溶液により除去した後、剥離層4としてシリコン熱酸化膜を400nm形成した(図2(c))参照)。次に、探針層5としてスバッタリング法により白金を200nm、金を300nm成膜し、フォトリソグラフィーとドライエッチング法を用いてバターニングを行った(図2(d)参照)。成膜の際は、スバッタリング粒子の基板への入射角を調節し、凹部3の最先端部において探針層5が薄くなるように成膜した。

【0023】次に、プローブ用基板11として、面方位(100)の単結晶シリコンウェハを用意し、低圧化学気相成長法を用いて、基板両面に窒化シリコンよりなるマスク層12・13を200nm成膜し、フォトリソグラフィーとCF₄ガスを用いた反応性イオンエッチングによりバターニングを行った(図3(a)参照)。次に、90°Cに加熱した水酸化カリウム水溶液を用いて、プローブ用基板11の異方性エッチングを行い、導波路となるV字型断面の溝部14、ミラー10、およびカンチレバー7となる部分を形成した(図3(b)参照)。

【0024】図4は図3(b)の工程を示す図で、図4(a)が上面図、図4(b)が図4(a)のA-A'断面図、図4(c)が図4(a)のB-B'断面図である。カンチレバー7となる部分の内側に溝部14が形成される。異方性エッチングの特性により、溝部14の最深部までエッチングが進行するとエッチングはほぼ停止する。本実施例においてはカンチレバー7の周囲の部分を、溝部14の最深部よりも深くエッチングした。

【0025】次に、蓋部15を接合する図3(c)の工程の詳細について、図5を用いて説明する。まず、SOI(Silicon on Insulator)基板21を用意する(図5(a)参照)。SOI(Silicon on Insulator)層22の厚さは1μm、酸化シリコン層23の厚さは1μmである。次に、フォトリソグラフィーとSF₆を用いた反応性イオンエッチングによりSOI層22をバターニングした(図5(b)参照)。次に、SOI基板21のSOI層22と図3(b)に示したプローブ用基板11に向かい合わせてアライメントし、接触させて荷重を加えた後、800°Cで熱処理を行なうことによりSOI層22

とプローブ用基板11との接合を行った(図5(c)参照)。次に、SOI基板21のハンドルウェハーのシリコンを、研磨した後に水酸化カリウム水溶液によるウェットエッチングを用いて除去し、次に、酸化シリコン層23をフッ酸とフッ化アンモニウムの混合水溶液によるウェットエッチングにより除去し、蓋部15を形成した(図5(d)および図3(c)参照)。これにより、開口24の形成された三角形断面の中空導波路を形成した。

【0026】次に、真空蒸着法によりクロムを5nm、金を100nm成膜し、フォトリソグラフィーとウェットエッチング法によりバターニングを行い、接合層16を形成した。次に、図2(d)の探針用基板1と、プローブ用基板11とをアライメントし荷重を加えて、接合層16上に探針層5を接合した(図2(e)参照)。次に、探針用基板1と、プローブ用基板11とを引き離すことにより、探針層5と剥離層4との界面で剥離し、探針層5を接合層16上に転写して探針6を形成した(図3(d)参照)。次に、探針6の表面に化学気相成長法によりPSG(リンシリケートガラス)を100nm成膜した後、アルゴンガスを用いたドライエッチングによりPSG及び探針6の一部をエッチングし微小開口8を形成した(図3(e)参照)。このように、PSGをもちいて微小開口を形成する方法は特開平11-064350号公報に開示されている。また、本実施例においては、凹部3の最先端部の探針層5が薄くなるように成膜してより一層微小開口8が形成しやすいようにした。この方法は特開平11-066650号公報に開示されている。

【0027】次に、プローブ用基板11の表面をポリイミド17により保護した後、基板11の裏面のみをエッチング液に晒す治具を用い、プローブ用基板11の裏面のマスク層13をエッチングマスクとして90°Cに加熱したテトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液によりプローブ用基板11のシリコンを一部エッチング除去した(図3(f)参照)。

【0028】次に、ダイシングソーを用いて基板を切断し、基板支持部上の導波路9に開口を形成した。最後に、ポリイミド17をアッシングにより除去し、カンチレバー9を形成した(図3(g)参照)。カンチレバー9の長さは5mm、ばね定数は0.1N/mmである。尚、本実施例においては1つのプローブの作製工程を記述したが、同一基板上に複数のプローブを同時に形成することが可能であり、これにより、生産性を向上させることが可能である。また、複数のプローブを有するマルチプローブチップを形成することも可能である。また、溝部14の形成プロセスを変更することにより、図1(d)に示すような台形の断面を有する導波路9を作製することも可能である。

【0029】本実施例によるプローブの使用方法例を、

図6を用いて説明する。図6(a)はその上面図、図6(b)は図6(a)のA-A'断面図、図6(c)は図6(a)のB-B'断面図である。本実施例のプローブの導波路端部と、光ファイバー31のコア32とが端部同士で接合されており、プローブ用基板11と光ファイバー31とは、接続用基板35および、ファイバー支持基板34を介して接続されている。

【0030】本実施例のプローブを発光用として用いる場合は、光ファイバー31のプローブと反対側に発光素子を接続する。発光素子で生じた光が光ファイバー31を伝播して、プローブの導波路9に進入し、ミラー10で反射されて、探針6の微小開口8へ到達する。これにより微小開口近傍に近接場光が局在し、外部(試料)との相互作用を発生させる。また、本実施例のプローブを受光用として用いる場合は、光ファイバー31のプローブと反対側に受光素子を接続する。外部との相互作用により微小開口から入った伝播光が、ミラー10で反射されて、プローブの導波路9に進入し、光ファイバー31へ伝播して受光素子に到達する。また、試料と探針との相互作用に起因するカンチレバーの撓みを検出することにより、原子間力顕微鏡用のプローブとして用いることも可能である。

【0031】本実施例により、バッチプロセスで形成できるため生産性が高く、光学的微小開口のプロセス再現性が良く、また、集積化・小型化が容易で複数のプローブを容易に作製できる、光プローブの製造方法を提供することができた。また、導波路と微小開口との間の光の伝達損失が小さく、また、導波路における短波長での伝達損失が小さい、光プローブを提供することができた。

【0032】【実施例2】図7に本発明の実施例2におけるプローブの構成を示す。図7(a)はその上面図、図7(b)は図7(a)のA-A'断面図、図7(c)は図7(a)のB-B'断面図である。同図において、本実施例によるプローブは、プローブ用基板11に支持されたカンチレバー7の自由端部に、微小開口8を有する中空の探針6を具備している。カンチレバー7の内部には、探針6と連続した空間を有する中空の導波路9、導波路9の光を探針6に接続するミラー10を有している。

【0033】本実施例によるプローブの製造方法を、図2、図8および図9を用いて説明する。まず、実施例1と同様の方法により、探針用基板1上に探針層5を形成した(図2参照)。次に、プローブ用基板11として単結晶シリコンウェハを用意し、低圧化学気相成長法を用いて、基板両面に窒化シリコンよりなるマスク層12・13を200nm成膜し、フォトリソグラフィーとCF₄ガスを用いた反応性イオンエッティングによりバターニングを行った。次に、フッ酸、硝酸、および酢酸の混合水溶液を用いてプローブ用基板11のエッティングを行い、導波路9となるU字型断面の溝部14および凹面鏡

10bを形成した(図8(a)参照)。次に、再びCF₄ガスを用いた反応性イオンエッティングにより、表面のマスク層12を除去した。次に、スパッタリング法を用いてプローブ用基板11上にアルミニウム層18を100nm成膜した(図8(b)参照)。

【0034】次に、蓋部15の接合について図9を用いて説明する。まず、SOI基板21を用意する(図9(a)参照)。SOI層22の厚さは1μm、酸化シリコン層23の厚さは1μmである。次に、スパッタリング法を用いてSOI基板21上にアルミニウム層19を100nm成膜した(図9(b)参照)。次に、フォトリソグラフィーと、磷酸、硝酸、および酢酸の混合水溶液によるエッティングを用いてアルミニウムをバターニングし、さらにSF₆を用いたSiの反応性イオンエッティングによりSOI層22をバダーニングした(図9(c)参照)。

【0035】次に、SOI基板21とプローブ用基板11のそれぞれのアルミニウム層18・19の表面を、真空中でプラズマ処理した後、アルミニウム層18・19同士を向かい合わせてアライメントし、接触させて荷重を加え、SOI層22とプローブ用基板11との接合を行った(図9(d)参照)。これにより、U字型の断面を有する中空の導波路9を形成した。次に、SOI基板21のハンドルウェハーのシリコンを、研磨した後に水酸化カリウム水溶液によるウェットエッティングを用いて除去し、次に、酸化シリコン層23をフッ酸とフッ化アンモニウムの混合水溶液によるウェットエッティングにより除去し、蓋部15を形成した(図9(e)および図8(c)参照)。

【0036】次に、真空蒸着法によりクロムを5nm、金を100nm成膜し、フォトリソグラフィーとウェットエッティング法によりバターニングを行い、接合層16を形成した。次に、図2(d)の探針用基板1と、プローブ用基板11とをアライメントし荷重を加えて、接合層16上に探針層5を接合した。次に、探針用基板1と、プローブ用基板11とを引き離すことにより、探針層5と剥離層4との界面で剥離し、探針層5を接合層16上に転写して探針6を形成した(図8(d)参照)。次に、プローブ用基板1-1の表面をポリイミド17により保護した後、基板11の裏面のみをエッティング液に晒す治具を用い、裏面のマスク層13をエッティングマスクとして90°Cに加熱したテトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液によりプローブ用基板11のシリコンを一部エッティング除去した。次に、ポリイミド17をアッシングにより除去した。

【0037】次に、探針6の表面に化学気相成長法によりPSG(リンシリケートガラス)を100nm成膜した後、アルゴンガスを用いたドライエッティングによりPSG及び探針6の一部をエッティングし微小開口8を形成した(図8(e)参照)。次に、ダイシングソーを用い

てプローブ用基板11にスクリューブ溝20を形成し、基板11支持部上の導波路9に開口を形成した。次に、フォトリソグラフィーとSF_xを用いた反応性イオンエッティングにより、SiおよびAlをバーニングし、カンチレバー7を形成した(図8(f)参照)。カンチレバー7の長さは5mm、ばね定数は0.1N/mmである。最後に、スクリューブ溝20に沿ってプローブ用基板11を劈開し、プローブを完成させた(図9(g)参照)。

【0038】本実施例により、バッチプロセスで形成できるため生産性が高く、光学的微小開口のプロセス再現性が良く、また、集積化・小型化が容易で複数のプローブを容易に作製できる、光プローブの製造方法を提供することができた。また、導波路と微小開口との間の光の伝達損失が小さく、また、導波路における短波長での伝達損失が小さい、光プローブを提供することができた。また、導波路9の壁面をアルミニウム層18・19で構成することにより、導波路壁による光の吸収を小さくすることができた。また、等方性エッティングにより導波路を作製することにより、導波路から探針への接続部分を凹面鏡10bの形状にすることができる。これにより微小開口への集光効果を持たせることができた。

【0039】[実施例3]本発明の実施例3は上記した実施例2と比較してその製法を簡素化したものであり、その製造方法を図2および図10を用いて説明する。なお、本実施例によるプローブの構成は実施例2とほぼ同一であるのでその説明を省略する。まず、実施例1と同様の方法により、探針用基板1上に探針層5を形成した(図2参照)。次に、プローブ用基板11として単結晶シリコンウェハを用意し、低圧化学気相成長法を用いて、基板両面に窒化シリコンよりなるマスク層12・13を200nm成膜し、フォトリソグラフィーとCF_xガスを用いた反応性イオンエッティングによりバーニングを行った。次に、フッ酸、硝酸、および酢酸の混合水溶液を用いてプローブ用基板11のエッティングを行い、導波路となるU字型の溝部14および凹面鏡10bを形成した(図10(a)参照)。

【0040】次に、再びCF_xガスを用いた反応性イオンエッティングにより、表面のマスク層12を除去した。次に、フォトレジストを滴下し、硬化させた後、研磨により薄膜化し、樹脂層24を形成した(図10(b)参照)。次に、真空蒸着法によりアルミニウムを100nm、金を100nm成膜し、フォトリソグラフィーとウェットエッティング法によりバーニングを行い、蓋部15を形成した(図10(c)参照)。本実施例の蓋部15は導波路の遮光部であるとともに実施例1および2における接合層の役割も兼ねている。次に、図2(d)の探針用基板1と、プローブ用基板11とをアライメントし荷重を加えて、接合層16上に探針層5を接合した。

【0041】次に、探針用基板1と、プローブ用基板11とを引き離すことにより、探針層5と剥離層4との界

面で剥離し、探針層5を接合層16上に転写して探針6を形成した(図10(d)参照)。次に、プローブ用基板11の表面をポリイミド17により保護した後、基板11裏面のみをエッティング液に晒す治具を用い、裏面のマスク層13をエッティングマスクとして90°Cに加熱したテトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液によりプローブ用基板11のシリコンを一部エッティング除去した。次に、ポリイミド17をアッシングにより除去した。次に、探針6の表面に化学気相成長法によりPSG(リンシリケートガラス)を100nm成膜した後、アルゴンガスを用いたドライエッティングによりPSG及び探針6の一部をエッティングし微小開口8を形成した(図10(e)参照)。

【0042】次に、ダイシングソーを用いてプローブ用基板11にスクリューブ溝を形成し、基板11支持部上の導波路9に開口を形成した。次に、フォトリソグラフィーとSF_xを用いた反応性イオンエッティングにより、SiおよびAlをバーニングし、カンチレバー7を形成した(図10(f)参照)。カンチレバー7の長さは5mm、ばね定数は0.1N/mmである。最後に、スクリューブ溝20に沿ってプローブ用基板11を劈開し、導波路9内の樹脂層24を有機溶剤を用いて除去して、横断面がU字型の中空の導波路9を形成し、プローブを完成させた(図10(g)参照)。

【0043】本実施例により、バッチプロセスで形成できるため生産性が高く、光学的微小開口のプロセス再現性が良く、また、集積化・小型化が容易で複数のプローブを容易に作製できる、光プローブの製造方法を提供することができた。また、導波路と微小開口との間の光の伝達損失が小さく、また、導波路における短波長での伝達損失が小さい、光プローブを提供することができた。また、本実施例の作製プロセスにおいて溝部14に樹脂層24を充填することにより、実施例2と比較して作製プロセスを簡素化することができた。

【0044】[実施例4]本発明の実施例4は上記した本発明の構成を適用したプローブをエバネッセント光発光素子として用いてAFM/SNOM複合装置を構成したものであり、その構成を11図に示す。本装置は本発明の構成を適用したプローブ10と、プローブ10のカンチレバー自由端の裏面にレーザー光を照射するレーザー光源41とカンチレバーのたわみ変位による光の反射角の変化を検出するポジションセンサー43と、ポジションセンサーからの信号により変位検出を行う変位検出回路46と、XYZ軸駆動ピエゾ素子45と、XYZ軸駆動ピエゾ素子をXYZ方向に駆動するためのXYZ駆動用ドライバー47と、微小開口から染み出したエバネッセント光42が試料44表面で散乱されて出た伝播光を検出する微小光検出器48からなる。

【0045】本実施例のAFM/SNOM複合装置により、試料表面の光学的な情報と形状の情報を同時に測定

することが可能となった。また、硬いプローブの場合は試料との接触によりダメージを受け易かったが、カンチレバー上に搭載することによりプローブのダメージを押さえることが可能となった。また、接触状態で光学的な情報を観察することによりZ方向（高さ方向）のフィードバック制御が不要なSNOM装置を提供することができた。

【0046】

【発明の効果】以上に説明したように、本発明によれば、バッチプロセスで形成できるため生産性が高く、光学的微小開口のプロセス再現性が良く、また、集積化・小型化が容易で複数のプローブを容易に作製することができる。また、本発明によれば、特開平10-293134号公報の集積化・小型化が容易で複数のプローブを容易に作製できるという特長を保持しつつ、導波路と微小開口との間の光の伝達損失、および導波路における短波長での伝達損失が小さい、光検出または照射用のプローブを実現することができる。また、本発明によれば、導波路の壁面を鏡面化処理することにより、導波路壁による光の吸収を小さくすることができる。また、本発明によれば、導波路の光を探針に接続するミラーを凹面鏡の形状にすることにより微小開口への集光効果を持たせることができる。また、本発明によれば、蓋部の形成方法において、溝部に樹脂層を充填し、該樹脂層上に金属膜を成膜する方法を探ることにより、作製プロセスを簡素化することができる。

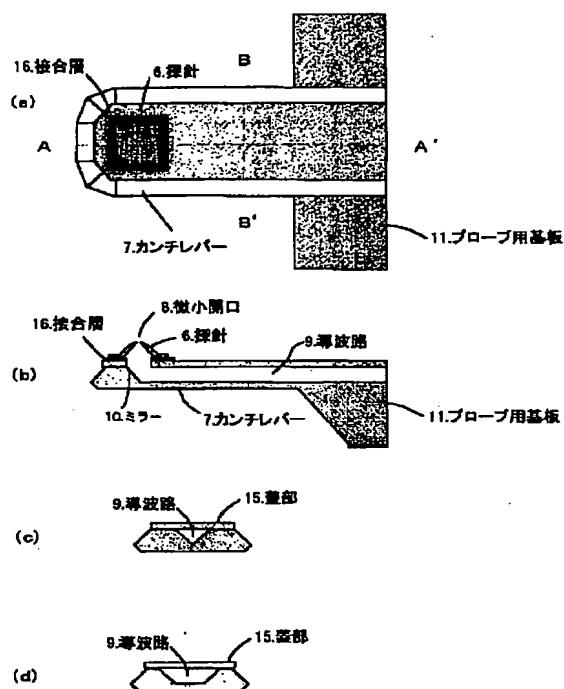
【図面の簡単な説明】

- 【図1】実施例1によるプローブを示す図。
- 【図2】実施例1によるプローブの製造工程を示す図。
- 【図3】実施例1によるプローブの製造工程を示す図。
- 【図4】実施例1によるプローブの製造工程を示す図。
- 【図5】実施例1によるプローブの製造工程を示す図。
- 【図6】実施例1によるプローブの使用方法を示す図。
- 【図7】実施例2によるプローブを示す図。
- 【図8】実施例2によるプローブの製造工程を示す図。
- 【図9】実施例2によるプローブの製造工程を示す図。
- 【図10】実施例3によるプローブの製造工程を示す図。
- 【図11】実施例4によるAFM/SNOM複合装置の構成を示す図。

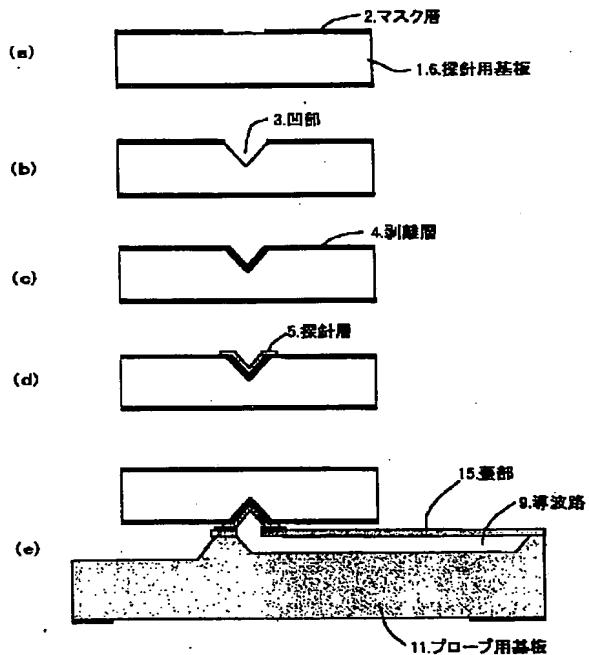
【符号の説明】

1 : 探針用基板	10 : ミラー
2 : マスク層	10 b : 凹面鏡
3 : 凹部	11 : プローブ用基板
4 : 剥離層	12 : マスク層
5 : 探針層	13 : マスク層
6 : 探針	14 : 溝部
7 : カンチレバー	15 : 蓋部
8 : 微小開口	16 : 接合層
9 : 導波路	17 : ポリイミド
10 : ミラー	18 : アルミニウム層
10 b : 凹面鏡	19 : アルミニウム層
11 : プローブ用基板	20 : スクライプ溝
12 : マスク層	21 : SOI基板
13 : マスク層	22 : SOI層
14 : 溝部	23 : 酸化シリコン層
15 : 蓋部	24 : 開口
16 : 接合層	31 : 光ファイバー
17 : ポリイミド	32 : コア
18 : アルミニウム層	34 : ファイバー支持基板
19 : アルミニウム層	35 : 接続用基板
20 : スクライプ溝	40 : プローブ
21 : SOI基板	41 : レーザー光源
22 : SOI層	42 : エバネッセント光
23 : 酸化シリコン層	43 : ポジションセンサ
24 : 開口	44 : 試料
30 : 35 : 接続用基板	45 : XYZ軸駆動ピエゾ素子
35 : 接続用基板	46 : 変位検出回路
40 : プローブ	47 : XYZ駆動用ドライバー
41 : レーザー光源	48 : 微小光検出器

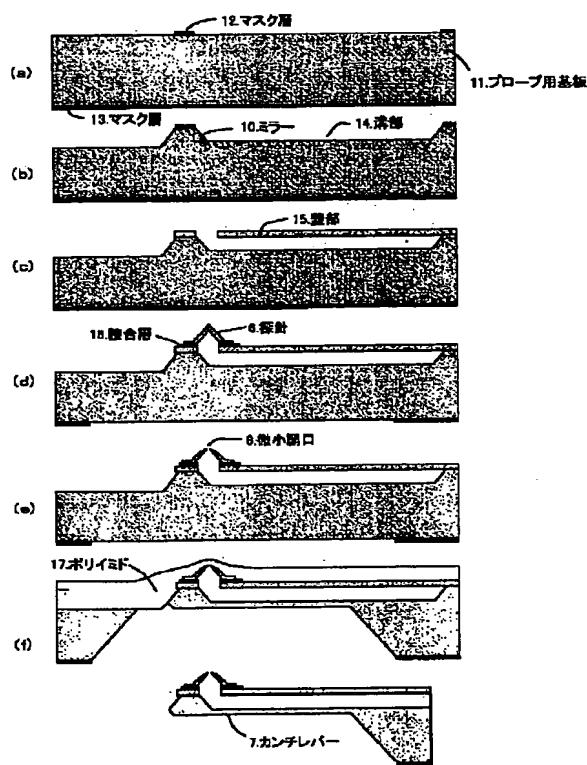
【図1】



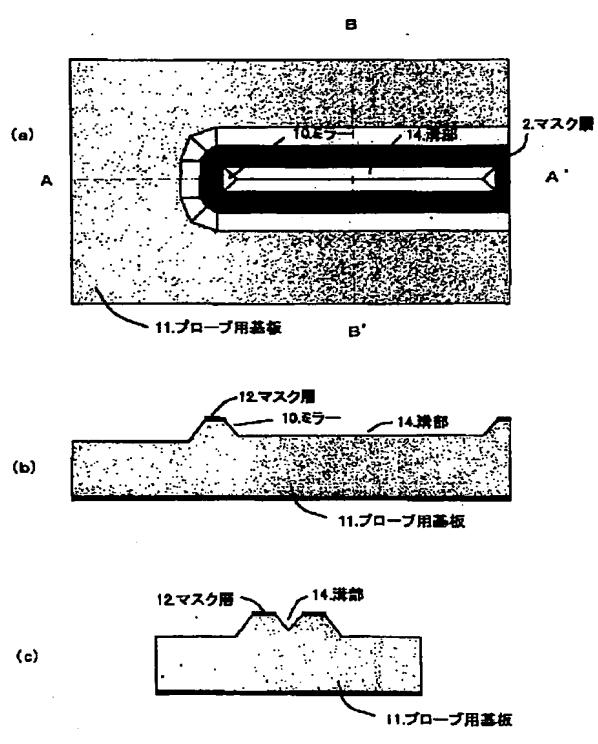
【図2】



【図3】

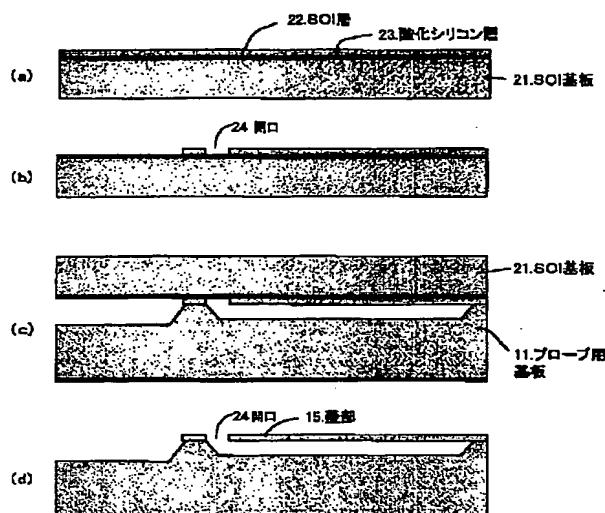


【図4】

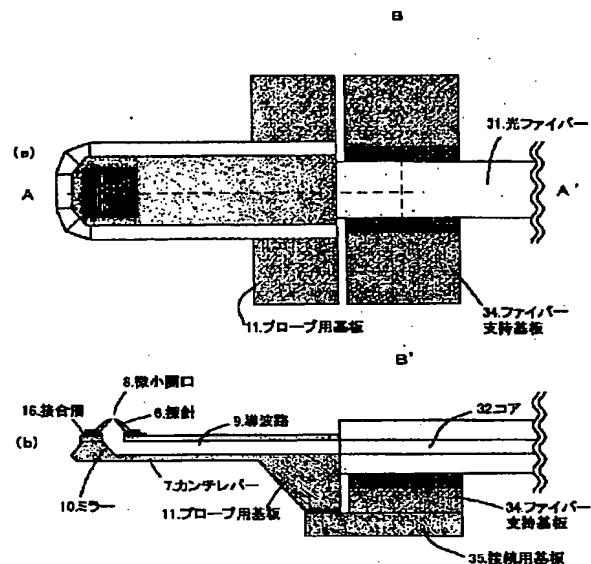


BEST AVAILABLE COPY

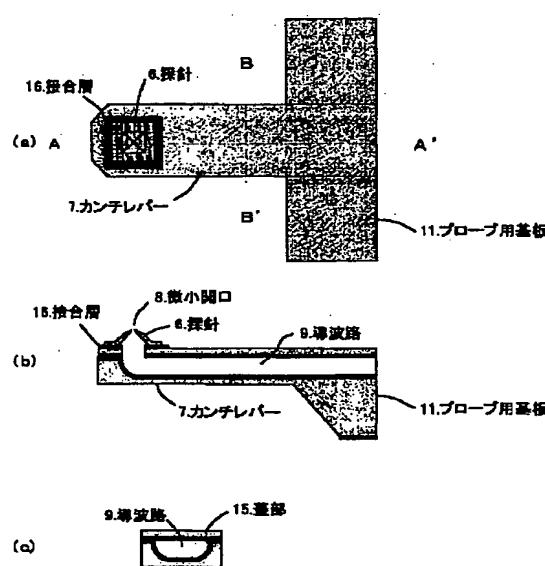
【図5】



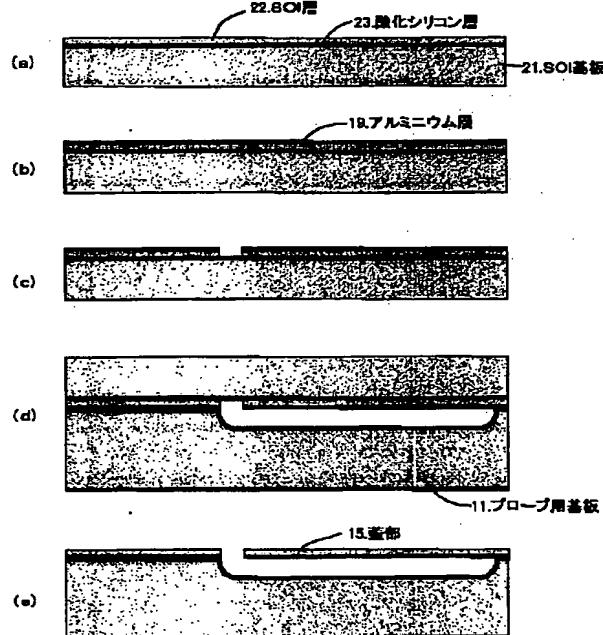
【図6】



【図7】

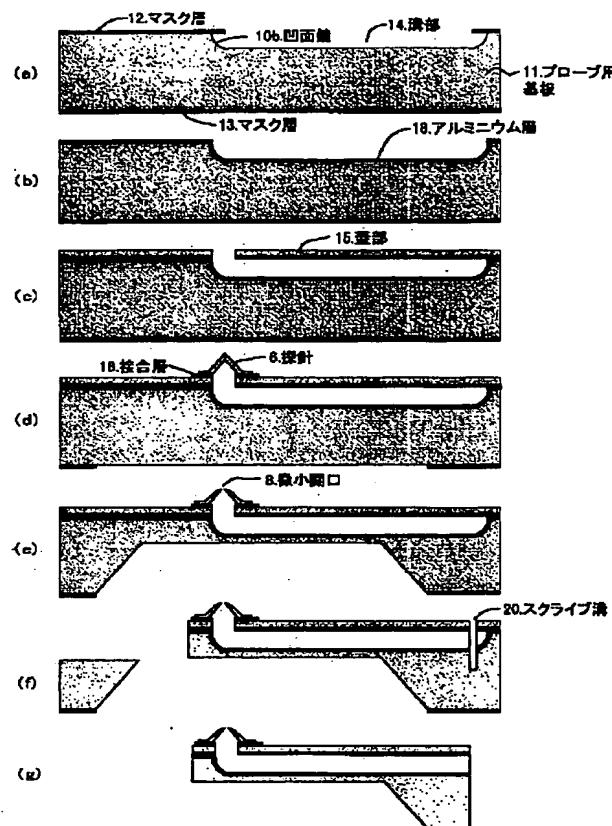


【図9】

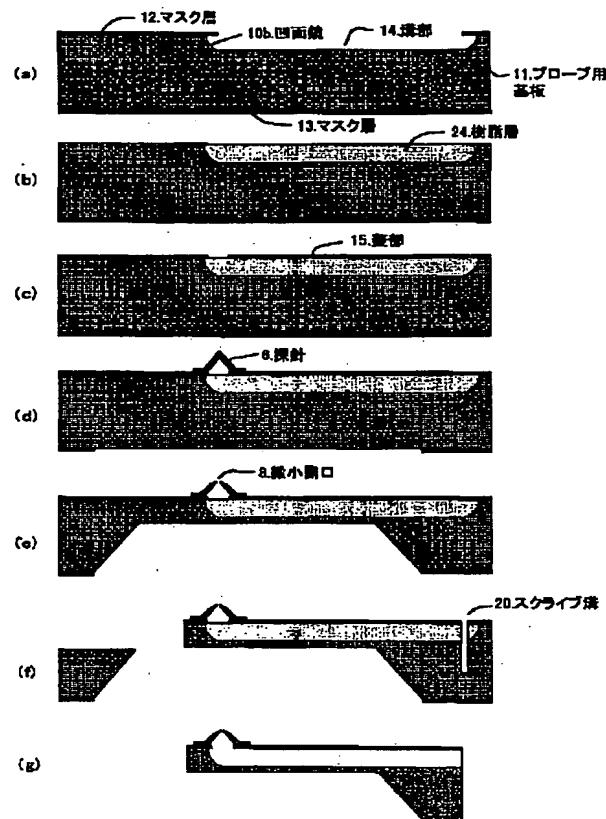


BEST AVAILABLE COPY

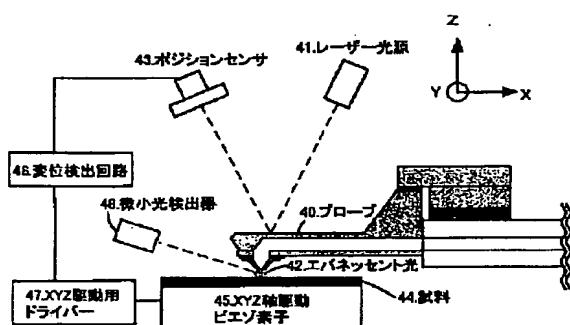
【図8】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.CI.⁷

識別記号

G 12 B 21/06

F I

G 12 B 1/00

マークコード(参考)

601C

BEST AVAILABLE COPY